

М. С. Воробьева*, Я. Е. Моносзон

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск

**ms.vorobey@gmail.com*

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук *О. Г. Ленивцева*

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ НАПЛАВКОЙ
ПОРОШКОВЫХ СМЕСЕЙ (Nb + C, Ti + Nb + C)**

В работе были исследованы поверхностно-упрочненные слои, полученные методом вневакуумной электронно-лучевой наплавки смесей порошков Nb + C, Ti + Nb + C на основу из титанового сплава VT5-1. Результаты исследования показали, что максимальной микротвердостью обладают покрытия, полученные при наплавке смеси порошков Nb + C.

Ключевые слова: вневакуумная электронно-лучевая наплавка; титан; ниобий; углерод; карбид титана; поверхностный слой.

М. S. Vorobeva, Ya. E. Monoszon

**STUDY OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE COATINGS
OBTAINED BY THE METHOD OF ELECTRON BEAM SURFACING
OF POWDER MIXTURES (NB + C, TI + NB + C)**

Surface hardened layers formed by non-vacuum electron beam cladding of powders Nb + C, Ti + Nb + C on the basis of titanium alloy VT5-1 were studied. Results showed that coatings obtained during surfacing mixture Nb + C powders have the maximal microhardness value.

Keywords: non-vacuum electron beam cladding; titanium; niobium; carbon; titanium carbide; surface layer.

На сегодняшний день для развития машиностроения необходимы материалы, обладающие такими свойствами, как коррозионная стойкость, прочность, а также износостойкость. Одними из востребованных материалов являются титан и его сплавы. Однако чтобы повысить их износостойкость, необходимо провести специальную обработку, например электронным лучом [1].

Для того чтобы увеличить показатели износостойкости титанового сплава VT5-1, была проведена электронно-лучевая наплавка на его поверхность углеродсодержащих порошковых смесей. Наплавляемые смеси состояли из порошков ниобия, титана, графита и сварочного флюса. Флюс CaF₂ обеспечивал защиту от окисления для материалов при обработке. Наплавка осуществлялась с использованием ускорителя

электронов типа ЭЛВ-6 (г. Новосибирск). Одним из достоинств этого оборудования является возможность вывода электронного пучка в воздушную атмосферу, а следовательно, таким методом стало возможным обрабатывать крупногабаритные детали.

Были использованы два типа порошковых смесей для формирования износостойких слоев: титан, ниобий, графит (TNC) и ниобий, графит (NC). Плотность порошковой насыпки составляла $0,2 \text{ г/см}^2$. Для наплавки были подобраны оптимальные режимы обработки. Значение скорости перемещения образцов относительно выпускного отверстия составляло 25 мм/с . Расстояние между образцом и выпускным отверстием составляло 90 мм . Ток пучка электронов составлял 30 мА для TNC и 34 мА для NC.

При помощи металлографических исследований было выявлено, что в покрытии присутствуют частицы упрочняющей фазы TiC, которые распределены в титановой матрице. Толщина покрытий составляет 1 мм для образца типа TNC и $1,8 \text{ мм}$ для образца типа NC.

Анализ микротвердости полученных покрытий был проведен согласно ГОСТ 9450–76 [2] и показал, что максимальным уровнем микротвердости равным 4700 МПа , обладают слои, полученные при наплавке смеси Nb + C. Значение микротвердости для смесей типа Ti + Nb + C составляет $\sim 4400 \text{ МПа}$.

Определение ударной вязкости образцов с наплавленными смесями порошков осуществлялось согласно ГОСТ 9454–78 [3]. Анализ результатов показал, что уровень ударной вязкости образцов с наплавкой Ti + Nb + C соответствует уровню ударной вязкости титанового сплава BT5-1 ($\sim 39,8 \text{ Дж/см}^2$). Значение ударной вязкости образцов, полученных при наплавке порошков Nb+C, равно $34,9 \text{ Дж/см}^2$.

Износостойкость наплавленных слоев определялась в условиях воздействия закрепленных частиц абразива согласно ГОСТ 17367–71 [4]. Титановый сплав BT5-1 был принят за эталон. Максимальное значение износостойкости было зафиксировано у образцов с наплавленными порошками титана, ниобия и графита, оно превышает износостойкость эталонного образца в $1,1$ раза. Наплавка смеси порошков ниобия и графита не приводит к повышению уровня износостойкости.

Таким образом, анализ результатов показал, что наплавка порошков ниобия и графита на заготовки из титанового сплава BT5-1 приводит к повышению микротвердости до 4700 МПа . Однако уровень ударной вязкости и износостойкости не повышается. Для покрытий, сформированных на подложках из титанового сплава BT5-1 при наплавке смеси порошков Ti + Nb + C, значения износостойкости, ударной вязкости равны эталонным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронно-лучевая обработка [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Electron_beam_welding (дата обращения: 18.09.2016).
2. ГОСТ 9450–76. Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников: Введен 1977-01-01. Москва: Издательство стандартов, 1993. 35 с.
3. ГОСТ 9454–78. Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах: Введен 1988-01-09. М. : Издательство стандартов, 1978 г. 12 с.
4. ГОСТ 17367–71. Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы: Введен 1973-18-05. М. : Издательство стандартов, 1972. 5 с.